

10/534926
PCT/IT 03/00751

Mod. C.E. 147

Rec'd PCT/PTO 13 MAY 2005

MODULARIO
02.1 - 1991

Ministero delle Attività Produttive
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Ufficio G2

REC'D 01 MAR 2004

WIPO

PCT

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: INV. IND.

N. RM2002A000581 DEL 19.11.2002



Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'acciuso processo verbale di deposito.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

09 FEB. 2004

orma, li

IL DIRIGENTE

Elena Marinelli

Sig.ra E. MARINELLI

BEST AVAILABLE COPY

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA

NUMERO BREVETTO

REG. A

A. RICHIENDENTE (I)

Denominazione

Residenza

D. TITOLO

TECNICA ACUSTICA ECOGRAFICA AD ALTA RISOLUZIONE E ALTA POTENZA
PER L'ESPLORAZIONE SOTTIMARINA ED APPARECCHIATURA PER LA SUA
ATTUAZIONE

Classe proposta (sez./cl./scl.)

(gruppo/sottogruppo)

L. RIASSUNTO

Tecnica per l'esplorazione sottomarina, che utilizza un trasmettitore paraboloidale (1) e un ricevitore paraboloidale (3), in cui il trasmettitore (1) e il ricevitore (3) sono entrambi aperti alla loro base e sono immersi sotto la superficie del mare. La scarica elettrica di breakdown tra i due elettrodi (15) del trasmettitore (1) produce un segnale primario e un impulso che viene chiamato "di cavitazione".

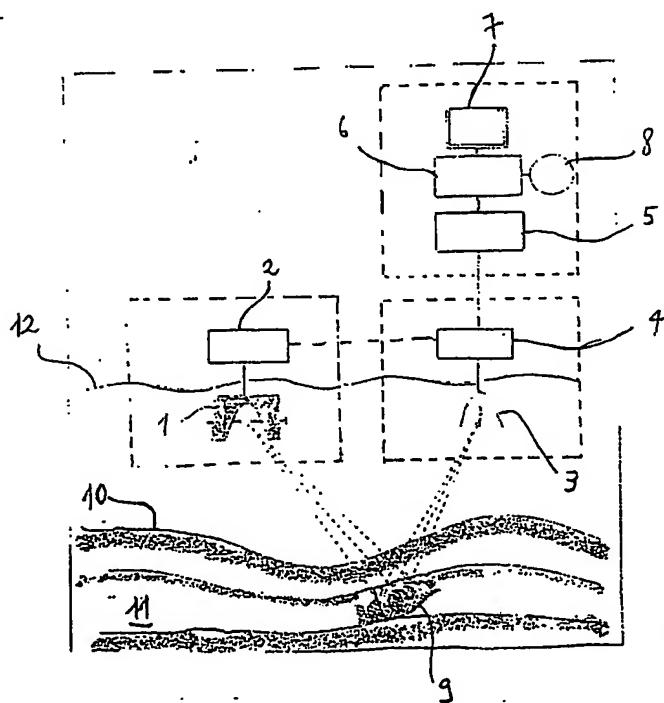
La tecnica consiste nell'esaltazione del segnale (23) prodotto dall'implosione della bolla di cavitazione, a scapito del segnale primario (13'), regolando opportunamente lo "spark gap" (distanza d tra gli elettrodi), in maniera da ottimizzare il tempo di ritardo (t), e conseguentemente anche l'efficienza acustica del trasmettitore, trasferendo l'energia elettrostatica al segnale di implosione di bolla (23), in base alla formula:

$$\eta = 5.455 t^3 [p - p_v(T)]^{5/2} / (\rho^{3/2} E),$$

la quale esprime il rendimento η , di conversione dell'energia elettrostatica E, in energia meccanica della bolla che include l'energia acustica irradiata.

(FIG. 1)

M. DISEGNO



Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

NA/am/285p02

“TECNICA ACUSTICA ECOGRAFICA AD ALTA
RISOLUZIONE E ALTA POTENZA PER L'ESPLORAZIONE
SOTTOMARINA ED APPARECCHIATURA PER LA SUA
ATTUAZIONE”

a nome

CANNELLI Giovanni Bosco

a ROMA

Inventore: Cannelli Giovanni Bosco

DESCRIZIONE

Settore della tecnica

La presente invenzione concerne in generale una tecnica acustica ecografica per l'esplorazione marina ad alta risoluzione e alta potenza ed un'apparecchiatura per la sua attuazione che comprende un trasmettitore paraboloidale di onde acustiche, avente una coppia di elettrodi posizionati opportunamente attorno al suo fuoco, tra i quali viene provocata una scarica elettrica che è all'origine della generazione del segnale di prospezione, e da un ricevitore anch'esso paraboloidale, avente un sensore di pressione acustica nel suo fuoco, e opportunamente accoppiato al trasmettitore in modo da focalizzare i segnali riflessi dagli oggetti e disomogeneità sepolte nei sedimenti del fondo marino.

Questa apparecchiatura rappresenta una versione semplificata, ma allo stesso tempo perfezionata e innovativa, di un sistema

Avv. C. FIAMMENGHINI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - FIAMMENGHINI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

ecografico ad onde acustiche ideato dagli stessi autori, già oggetto di brevetti internazionali a cura del CNR (Cannelli G.B., e D'Ottavi E., Echographic technique-based method and apparatus to detect structures and anomalies of the subsoil and/or sea bottom and the like, U.S. Patent n. 4,899,845 (13.02.1990); European Patent n. EP 0320466 (10.06.92); Patentschrift DE 3871922 (3.12.1992); Canadian Patent n. 1,316,249 (13.04.1993), e usato con successo solo in prospezioni nel terreno a bassa profondità, e in particolare per la ricerca archeologica. Invece, il sistema oggetto della presente domanda di brevetto è stato ideato ad hoc per la prospezione sottomarina ad alta risoluzione ed è basato sui più recenti risultati della ricerca in corso presso l'Istituto di Acustica "O.M. Corbino" del CNR, dove gli esperimenti sono condotti in condizioni molto favorevoli grazie alla vasca di calibrazione del laboratorio di Acustica Subacquea.

Tecnica nota

Esistono vari dispositivi commerciali di tipo sonar per l'esplorazione del fondo e sottofondo marino, specialmente nel campo della geologia marina dove un gran numero di ricerche mirano ad ottenere informazioni sulla natura e distribuzione dei sedimenti. E' ben noto che il comportamento delle onde acustiche nell'attraversare i sedimenti è più complicato e, in particolare, l'assorbimento dell'energia acustica è più drastico che nella colonna d'acqua, soprattutto nella banda delle frequenze più alte. I tradizionali sistemi acustici appaiono inadeguati a soddisfare tutte

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

le possibili situazioni ambientali che possono presentarsi nelle prospezioni dei primi strati di sedimento marino, in particolare nelle prospezioni per la ricerca archeologica per la quale non esistono attualmente dispositivi acustici ad alta risoluzione e di adeguata capacità di penetrazione nei sedimenti. In questo tipo di indagini sono richiesti due importanti requisiti per l'impulso acustico di prospezione, i quali, purtroppo, sono spesso antitetici cioè: 1) alta frequenza per ottenere alta risoluzione, allo scopo di visualizzare anche anomalie di piccole dimensioni nascoste nei primi strati di sedimento; 2) adeguata capacità di penetrazione per l'esplorazione a profondità maggiori, cioè frequenze più basse e maggiore potenza acustica. Dunque, occorrerebbe poter disporre di una sorgente acustica con uno spettro di frequenza a larga banda (per esempio, da qualche kHz fino a qualche centinaio di kHz), e avere allo stesso tempo una potenza acustica adeguata. I sistemi acustici attualmente disponibili in commercio, non hanno entrambi i suddetti requisiti, così non possono essere utilizzati in un ampio intervallo di diverse condizioni sperimentali e situazioni ambientali marine.

Per quanto concerne la sorgente acustica paraboloidale di tipo "sparker", facente parte del precedente sistema ecografico sopracitato e oggetto essa stessa di precedenti brevetti (Cannelli G.B., D'Ottavi E., e Santoboni S., Electroacoustic pulse source for high-resolution seismic prospectings, U.S. Patent : 4,734,894, 29 Marzo 1988; Canadian Patent N. 1250040, 14 Febbraio 1989; European

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

Patent n. EP 0230415 (24.07.91); Japan Patent N. 8755/92, 18

Febbraio 1992), pur essendo in grado di focalizzare l'onda acustica generata dalla scintilla elettrica in modo che il segnale trasmesso lungo l'asse principale sia caratterizzato da elevata potenza in una certa banda di frequenze, risulta inadeguata nel caso di prospezioni marine, per i seguenti motivi. L'onda acustica da essa generata è caratterizzata da un "impulso primario" seguito da uno o più impulsi secondari dovuti a bolle di cavitazione, che compaiono casualmente nel dominio del tempo. Ciò impedisce di discriminare gli impulsi riflessi dal fondo marino, e attribuibili ad oggetti sepolti nei sedimenti, dai segnali dovuti alla cavitazione che appaiono come rumore. Questo inconveniente non impedisce al precedente sistema ecografico di rivelare antiche cavità nel terreno, perché è comunque sufficiente ricevere un segnale riflesso dall'interfaccia suolo-aria della cavità, anche se disturbato dalla cavitazione, per poterla rivelare (vedi ad esempio Fig. 7 del brevetto USA N. 4,899,845, 13 Febbraio 1990, degli stessi autori).

Gli inventori dell'apparecchiatura oggetto della presente domanda hanno quindi cercato di minimizzare i segnali di cavitazione in confronto a quello primario, ponendo nell'ecografo, al posto della sola sorgente paraboloidale, un opportuno "array" accordato di sorgenti paraboloidali, anch'esso oggetto di brevetti internazionali (Cannelli G.B., e D'Ottavi E., Method of high-resolution sea bottom prospecting and tuned array of paraboloidal electroacoustic transducers to carry out such method, Japan Patent N. 5-505235 (5



Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

Agosto 1993); US Patent n. 5,398,217, 14 Marzo 1995; European Patent n. EP 0491775 (22.02.1995); Canadian Patent N. 2,065,457, 14 Luglio 1998). Questo array, tuttavia, pur ottenendo un miglioramento del segnale nel dominio del tempo, presenta inconvenienti quali, minore efficienza acustica (definita come rapporto tra energia acustica emessa e energia elettrostatica fornita), banda di frequenza alquanto limitata, non sufficiente per ottenere alta risoluzione necessaria per rivelare piccoli reperti nascosti nei primi strati di sedimento marino; inoltre, costo eccessivo dell'apparecchiatura che necessita di un gran numero di trasduttori di trasmissione.

Gli scopi della presente invenzione consistono quindi nella realizzazione di una tecnica e di una relativa apparecchiatura, per l'ottenimento di una maggiore efficienza acustica, una banda acustica più larga, elevata risoluzione (per individuare reperti situati nei primi strati del sedimento), elevata potenza (penetrazione nel fondale marino), e struttura semplificata (ad esempio non occorre un terzo elettrodo per innescare la scarica tra i due elettrodi).

Un ulteriore scopo consiste nell'abbattimento dei costi ad un livello commercialmente molto interessante.

Descrizione dell'invenzione

Detti scopi vengono ottenuti mediante una tecnica acustica ecografica per l'esplorazione sottomarina, che comprende le seguenti fasi:

- si realizza un trasmettitore (1) paraboloidale aperto alla base ed immerso in acqua, di spessore sufficiente ad impedire dispersioni di energia attraverso le pareti, e di distanza focale predefinita, ma scelta sufficientemente grande in modo da permettere alla bolla di vapore generata dalla scarica elettrica tra due elettrodi disposti simmetricamente rispetto al fuoco F, di non essere ostacolata dalle pareti del paraboloide del trasmettitore durante la sua espansione; in cui, gli elettrodi sono regolabili nella direzione della retta che li congiunge, in maniera da aumentare o diminuire la loro distanza reciproca d;
- si mette a disposizione un ricevitore paraboloidale, il quale è aperto sulla base ed è immerso nell'acqua, e presenta un sensore di pressione acustica sostanzialmente in corrispondenza del fuoco del ricevitore;
- si collega detto trasmettitore ad una unità di controllo e alimentazione, per l'alimentazione dell'energia elettrostatica agli elettrodi;
- si collega detto ricevitore a mezzi di elaborazione e visualizzazione di dati per l'ottenimento, ad esempio, di diagrammi "tipo oscillogramma" dei segnali e/o di immagini acustiche;
- e infine, dato un determinato valore dell'energia elettrostatica E da alimentare agli elettrodi, e un determinato grado di salinità dell'acqua, si regola la distanza d tra i due elettrodi in maniera da ottenere il massimo tempo di ritardo t tra la scarica elettrica di

breakdown e un segnale dovuto all'implosione della bolla di vapore formatasi durante la scarica stessa; essendo il massimo tempo di ritardo del segnale di implosione di bolla univocamente correlato al massimo valore di efficienza acustica del trasmettitore data dal rapporto tra l'energia elettrostatica E e l'energia acustica del segnale di implosione di bolla, ed essendo minima o trascurabile in tali condizioni, l'ampiezza del segnale primario generato direttamente dalla scarica di breakdown.

Inoltre, l'invenzione riguarda anche l'apparecchiatura utilizzata per l'implementazione della tecnica acustica ecografica suddetta, come definito nella rivendicazione indipendente di dispositivo.

Particolari possibili varianti vantaggiose e realizzazioni non limitative della tecnica acustica ecografica e della rispettiva apparecchiatura, vengono riportate nelle rivendicazioni dipendenti di metodo e di dispositivo.

Breve descrizione dei disegni

La presente invenzione verrà ora descritta più dettagliatamente con riferimento alle Figure, che mostrano, a titolo esemplificativo e non limitativo:

FIG. 1 uno schema di principio dell'intera apparecchiatura ecografica, secondo l'invenzione;

FIG. 2 l'onda acustica, nel dominio del tempo, generata da una sorgente "sparker" (trasmettitore) tradizionale;

FIG. 3 l'onda acustica, nel dominio del tempo, generata da una sorgente "sparker" paraboloidale, che si riduce solamente ad un

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

primo segnale e ad un secondo segnale;

FIG. 4 diversi segnali acustici della sorgente paraboloidale dell'invenzione, nel dominio del tempo, al variare della distanza d tra gli elettrodi ("spark gap");

FIG. 5 la legge sperimentale che permette di progettare una sorgente sparker (trasmettitore) paraboloidale "ad implosione di bolla", una volta fissata la capacità del banco di condensatori (C), scegliendo il valore della distanza d che rende massimo il tempo di ritardo tra l'impulso primario e l'implosione della bolla, ossia che rende massima l'efficienza acustica della sorgente;

FIG. 6 un prototipo sperimentale dell'apparecchiatura ecografica montato dagli inventori sulla vasca del laboratorio di acustica subacquea;

FIG. 7 una sezione schematica in un piano verticale, della sorgente parabolica (trasmettitore) "ad implosione di bolla", facente parte del prototipo sperimentale mostrato in Fig. 6;

FIG. 8 una sezione schematica verticale del ricevitore paraboloidale, facente parte del prototipo sperimentale mostrato in Fig. 6;

FIG. 9 le caratteristiche dell'onda acustica "ad implosione di bolla" generata dal trasmettitore paraboloidale, nel dominio del tempo (a) e nel dominio della frequenza (b), in cui la Fig. 9(a) fornisce l'ampiezza in V e la Fig. 9(b) fornisce l'ampiezza relativa in dB (sull'ordinata);

FIG. 10 mostra un esempio tipico di test in vasca di laboratorio,



Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DORIGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

dove T indica l'immagine acustica di un tubo immerso in acqua ad una certa distanza dal fondo vasca la cui immagine acustica è B; e in cui Fig. 10(a) corrisponde alla posizione dell'ecografo sulla verticale del bersaglio (T), e Fig. 10(b) è stata ottenuta dal complesso di 29 misure di scansione completa che hanno permesso di ricostruire "le immagini acustiche" T e B;

FIG. 11 mostra sotto forma di immagini acustiche, il risultato di due prospezioni parallele effettuate in un basso fondale marino, in cui è evidenziata un'antica struttura a volta, probabilmente facente parte degli edifici di un antico porto romano, alla profondità di circa 1,5 metri sotto il fondale.

Forme di esecuzione preferite

Prima di entrare nei dettagli della vera e propria ricerca condotta dagli inventori, facendo riferimento alla Fig. 1 descriviamo succintamente l'apparecchiatura dell'invenzione.

Essa comprende un trasmettitore paraboloidale 1 che costituisce la sorgente acustica, con una unità elettronica di controllo 2. Il trasmettitore 1 è situato ad opportuna distanza dal ricevitore 3, regolabile a seconda della profondità di prospezione. Il trasmettitore a paraboloide 1, è alimentato da un banco di condensatori (non mostrato) facente parte dell'unità di controllo 2. Il banco di condensatori fornisce l'energia elettrostatica al trasmettitore 1, che la trasduce in energia acustica, con l'ausilio della stessa unità elettronica di controllo 2. Il ricevitore, o paraboloide di ricezione 3, è collegato ad un filtro analogico

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. COMERIGLIETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

digitale (ADC) 4, che riceve un segnale elettrico di "trigger" dall'unità 2 e invia i dati digitali ad una scheda di microprocessore (DSP) 5, per la loro successiva elaborazione tramite un PC dedicato 6, il quale, infine, visualizza sul monitor 7 il risultato della prospezione sotto forma di immagine acustica del reperto rivelato 9. Il numero 8 indica una memoria per la memorizzazione dei dati.

Il reperto 9 è disposto sotto il fondale marino 10, nello strato formato dai sedimenti 11. Il numero 12 indica la superficie dell'acqua del mare. Si noti che, come verrà spiegato anche nel seguito della descrizione approfondita, i trasduttori elettroacustici paraboloidali 1 e 3 sono inferiormente aperti e completamente immersi nell'acqua.

Verrà ora descritto il principio su cui si basa l'invenzione, scaturito dalla ricerca su modelli di dimensioni ridotte e anche in situazioni reali in mare aperto.

Recenti risultati di una ricerca sistematica sulla "bolla di cavitazione" condotta dagli inventori, hanno permesso di trovare una soluzione assai vantaggiosa nella tecnologia delle sorgenti paraboloidali, che è stata denominata "ad implosione di bolla". Infatti, si è visto che operando opportunamente sui parametri elettromeccanici della sorgente paraboloidale è possibile concentrare gran parte dell'energia elettrostatica in gioco, in un unico impulso e, precisamente proprio in quello generato dal collasso della bolla di cavitazione, precedentemente considerato

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. Domenighetti - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

come disturbo. Questa nuova tecnica appare più semplice e vantaggiosa della precedente basata su un "array", in quanto è in grado di fornire, usando un unico trasduttore, un impulso acustico di maggior potenza ed efficienza e una banda di frequenza assai ampia, come non è possibile trovare in alcun dispositivo di tipo sonar attualmente in commercio. Il sistema è quindi in grado di soddisfare i due requisiti fondamentali per l'esplorazione dei sedimenti marini; alta risoluzione per risolvere oggetti di piccole dimensioni sepolti nei primi strati e potenza adeguata qualora occorra penetrare più in profondità sotto il fondo marino. Inoltre, il trasmettitore 1 paraboloidale della presente invenzione è molto più semplice ed economico del precedente perché non ha bisogno di un terzo elettrodo interposto tra i due principali per una preliminare ionizzazione del liquido isolante contenuto nel paraboloide, e necessario ad innescare la scarica elettrica (vedi brevetto US N. 4,734,894). Infatti, il paraboloide 1 è immerso direttamente nell'acqua marina che essendo parzialmente conduttrice permette di innescare la scarica elettrica senza pre-ionizzazione del mezzo.

Anche per quanto concerne il trasduttore di ricezione paraboloidale 3, sono state apportate semplificazioni migliorative rispetto al precedente ecografo. Innanzitutto, il trasduttore non ha più bisogno della membrana di neoprene che chiude la base del paraboloide per trattenere un opportuno liquido, perché il paraboloide 3 viene immerso anch'esso direttamente in acqua

Avv. G. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

marina insieme al paraboloide di trasmissione. Inoltre, il complicato meccanismo connesso al sensore piezoelettrico, che permette a quest'ultimo di posizionarsi nella posizione più adatta, attorno al fuoco, per la ricezione del segnale acustico indispensabile per applicazioni sul terreno, non sempre perfettamente piano, è sostituito da un più semplice dispositivo esterno, tipo snodo meccanico, per orientare opportunamente l'intero paraboloide in acqua. La parte dello snodo, lato ricevitore 3, è indicata in Fig. 8 dal numero 21.

Di seguito si descrive brevemente il fenomeno fisico di generazione, sviluppo e collasso della bolla di cavitazione e la tecnologia che permette di realizzare una sorgente paraboloidale "ad implosione di bolla".

Quando si chiude il circuito elettrico dello sparker, una scarica elettrica scocca tra i due elettrodi (Fig. 7) posizionati attorno al fuoco del paraboloide, generando una violenta espansione del liquido vaporizzato a causa dell'elevatissimo gradiente di temperatura raggiunto. Questa onda d'urto 13 (breakdown) che appare nell'oscillogramma in funzione del tempo, come impulso di compressione e di successiva rarefazione, è chiamato "primario" e nei tradizionali dispositivi sparker si presenta di ampiezza superiore o comparabile con gli impulsi 14 che seguono, normalmente detti di "cavitàzione" (Fig. 2). I primi test effettuati in acqua dagli inventori con sorgenti sparker paraboloidali, opportunamente progettate, hanno mostrato che è possibile



Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

controllare e modificare l'ampiezza relativa dell'impulso primario 13 rispetto a quelli di cavitazione 14, in particolare si possono minimizzare le cavitazioni multiple 14 semplificando la "signature" del segnale trasmesso in due soli impulsi: il segnale primario 13' e quello impropriamente detto di cavitazione 14' (Fig. 3). La generazione, del secondo impulso, più propriamente attribuibile all'implosione di una bolla di vapore, viene interpretata secondo un modello teorico elaborato dagli stessi inventori e suffragato da test sperimentali. Esso può brevemente sintetizzarsi nel seguente modo. La scarica elettrica genera plasma che, contribuendo ad aumentare la corrente tra i due elettrodi, determina un brusco innalzamento della temperatura del liquido, nel volume di pochi millimetri cubi dello spark gap (percorso tra gli elettrodi); ciò determina la formazione e la violenta crescita di una bolla di vapore che si manifesta come un'onda d'urto iniziale. Questa prima parte del fenomeno che dà origine al segnale primario, è di brevissima durata e dà seguito da una espansione inerziale più lenta della bolla di vapore che, a partire da una dimensione piccolissima, cresce fino a raggiungere un valore massimo di raggio, R. Subito dopo la bolla comincia ad implodere con una velocità via via crescente verso il suo centro fino a ridursi di nuovo ad una dimensione puntiforme, tanto piccola da essere trascurabile rispetto al valore massimo, R. A questo punto, avviene una violentissima inversione di moto, con un brusco aumento della pressione che si manifesta come una vera e propria esplosione. E'

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. D'AGENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

il cosiddetto collasso della bolla che dà origine al secondo impulso denominato "ad implosione di bolla". Esso si verifica quando la velocità delle pareti della bolla verso il suo centro, raggiunge un valore comparabile con quello della velocità del suono nel vapore saturo della bolla.

Per realizzare una sorgente paraboloidale ad "implosione di bolla", ossia un trasduttore che concentri quasi tutta l'energia sul secondo impulso, generato dal collasso della bolla di vapore, occorre servirsi dei diagrammi sperimentali ottenuti dagli autori effettuando dei test nell'acqua di un bacino marino e successivamente in vasca di laboratorio, su trasduttori paraboloidali in cui sono stati variati opportunamente i parametri elettromeccanici. Un esempio è dato in Fig. 4 che mostra una sequenza di segnali acustici (espressi in ampiezza relativa della pressione acustica in funzione del tempo) trasmessi da una sorgente sparker paraboloidale per diversi valori della distanza (spark gap) tra gli elettrodi, ma tutti relativi ad uno stesso valore di energia elettrostatica. Si può notare che per valori dello spark gap superiore a 10 mm è presente nell'oscillogramma un solo impulso, cioè quello dovuto all'implosione della bolla di vapore, essendo il segnale primario (breakdown) trascurabile. Il segnale tuttavia scompare per valori dello spark gap superiori al valore limite di 30 mm, poiché vengono meno le condizioni per creare un gradiente di temperatura necessario per generare una bolla di vapore. Per valori dello spark gap inferiori a 10 mm appare anche il segnale primario

Avv. G. FRAMMENGHI N° 29
Dott. D. DORENCHETTI - FRAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

di breakdown che dissipa parte dell'energia elettrostatica fornita al sistema, riducendo così quella a disposizione della bolla di vapore. Un parametro importante legato all'energia meccanica immagazzinata nella bolla di vapore e restituita sotto forma di energia acustica irradiata all'istante del collasso, è il cosiddetto "tempo di ritardo", ossia l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante del breakdown e quello di apparizione dell'impulso della bolla. Questo tempo è correlato con l'efficienza acustica del trasduttore di trasmissione. Nella Fig. 4 si può notare, per esempio, che per uno spark gap di 25 mm il tempo di ritardo è massimo e corrisponde ad un segnale di "implosione di bolla" avente anche massima ampiezza. Analizzando diversi oscillogrammi, simili a quelli di Fig. 4, ma ottenuti per diversi valori di energia elettrostatica e nelle condizioni ideali di esperimenti sistematici in vasca di laboratorio, è stato possibile ricavare una legge sperimentale, sintetizzata nei grafici di Fig. 5, ed altri simili ottenuti in diverse condizioni di salinità dell'acqua. Questa legge è stata confermata dal modello teorico della bolla, ed esprime il tempo di ritardo come funzione della distanza tra gli elettrodi, al variare dell'energia elettrostatica fornita al sistema. Le curve di Fig. 5 sono relative ad un trasduttore paraboloidale di dimensioni più ridotte rispetto a quello usato in mare per i test di Fig. 4, essendo assai più maneggevole per test in vasca di laboratorio. Inoltre il grado di salinità dell'acqua della vasca di laboratorio, inferiore a quella del mare, non inficia minimamente la validità

generale della legge illustrata dai grafici di Fig. 5, i quali semplicemente traslano tutti verso valori più grandi dello spark gap all'aumentare della salinità dell'acqua. Nella stessa figura sono riportati i valori di capacità, C, del banco di condensatori usato nel sistema elettrico di controllo, anziché i valori di energia elettrostatica ($E = \frac{1}{2} CV^2$), la quale peraltro è facilmente ricavabile conoscendo il valore della differenza di potenziale $V = 2250$ V applicata agli elettrodi dello sparker. Il tempo di ritardo, e quindi l'efficienza acustica del trasduttore, non è una funzione monotona della distanza tra gli elettrodi, ma raggiunge un massimo per un ben determinato valore dello spark gap, che trasla verso i valori più grandi dello spark gap all'aumentare della capacità, ovvero dell'energia. Questi risultati sperimentali sono in accordo con la relazione teorica seguente:

$$\eta = 5.455 t^3 [p - p_v(T)]^{5/2} / (\rho^{3/2} E) \quad (1).$$

La relazione (1) esprime il rendimento, η , di conversione della energia elettrica E in energia meccanica immagazzinata nella bolla (che tiene anche conto dell'energia acustica irradiata), in funzione della differenza, $p - p_v(T)$, tra la pressione ambiente e quella del vapore saturo nella bolla alla temperatura T , della densità, ρ , del liquido e del tempo di ritardo, t . E' evidente la forte dipendenza del rendimento dal tempo di ritardo. Tale relazione è stata dedotta dagli inventori da una più semplice formulazione che dà il tempo di collasso di una bolla di vapore a partire da un raggio iniziale, R , fino a ridursi ad una dimensione trascurabile, formulata per la



Avv. G. FRANCESCO ENGH N° 29
Dott. D. D'ANGELO - FRANCESCO N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

prima volta da Lord Rayleigh (vedi: Lord Rayleigh, "On the pressure developed in a liquid during the collapse of a spherical cavity", Phil. Mag. (1917), vol. 34, pp. 94-98), originariamente per spiegare il suono emesso dalle bolle di vapore che si formano in un bollitore da tè.

Riassumendo, la relazione (1) ci dice che a parità di energia elettrostatica erogata, di pressione e di temperatura, un aumento del tempo di ritardo determina un sensibile aumento del rendimento di conversione dell'energia elettrica E in energia meccanica immagazzinata nella bolla, quest'ultima comprendendo l'efficienza acustica della sorgente. La massimizzazione di t è dunque la base della tecnica usata nella presente invenzione per ottimizzare il rendimento della sorgente "ad implosione di bolla".

Per la realizzazione di questa sorgente si procede in generale nel modo seguente. Costruito un paraboloide metallico di spessore sufficiente a impedire dispersioni di energia attraverso le pareti, e di distanza focale predefinita, ma scelta sufficientemente grande, (per esempio maggiore di 3 cm) in modo da permettere alla bolla di svilupparsi liberamente attorno al fuoco, senza essere ostacolata dalle pareti del paraboloide, si mettono a punto due elettrodi di tungsteno regolabili attorno al punto focale mediante idonei dispositivi esterni a vite micrometrica. La distanza d tra i due elettrodi (in mm) deve essere scelta in modo tale da massimizzare l'efficienza acustica, cioè il tempo di ritardo, servendosi della legge illustrata dai grafici di Fig. 5, (ascissa: sparkgap; ordinata:

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DIENEGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

tempo di ritardo (ms)) e altri simili che possono essere ottenuti per diverse condizioni di salinità dell'acqua. Stabilito il valore dell'energia da erogare (corrispondente ad un ben determinato valore di capacità, avendo fissata la differenza di potenziale applicata agli elettrodi) si sceglie dal grafico il valore di spark-gap corrispondente al valore massimo del tempo di ritardo.

Come esempio esplicativo, ma non esaustivo di tutte le possibili realizzazioni del presente ritrovato, sono descritte le caratteristiche del prototipo sperimentale mostrato nella foto di Fig. 6, che mostra i due trasduttori di trasmissione e di ricezione posizionati sulla sponda della vasca di calibrazione del Laboratorio di Acustica Subacquea. Questo prototipo è stato realizzato ad hoc per l'archeologia subacquea, che riguarda profondità sotto il fondo del mare che vanno da qualche metro fino a qualche decina di metri, per questo motivo la distanza tra i due trasduttori, durante la prospezione in mare, viene regolata intorno a valori alquanto ridotti (intorno a 50 cm). Per maggiori profondità, questa distanza viene opportunamente aumentata facendo scorrere i trasduttori su un idoneo supporto (guida) meccanico. Il trasduttore di trasmissione 1, schematizzato in Fig. 7, ha le seguenti dimensioni geometriche: altezza = 11 cm, diametro interno della base = 20 cm, lunghezza focale = 10 cm. Gli elettrodi di tungsteno 15 sono di forma emisferica di raggio = 5 mm e sono stati distanziati di $d = 25$ mm in modo tale da produrre, per un'energia di 720 Joule, il massimo tempo di ritardo, come si può anche vedere dagli

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

oscillogrammi di Fig. 4 che si riferiscono a test in acqua salata con salinità al 3,4% effettuati con lo stesso trasduttore. Il paraboloide è stato ottenuto per tornitura da un unico cilindro 16 massiccio di alluminio (11 cm x 22 cm), cioè abbastanza spesso da impedire possibili dispersioni di energia acustica per trasmissione all'indietro attraverso le pareti. Il trasduttore di ricezione, schematizzato in Fig. 8 è anch'esso di alluminio ed ha le seguenti dimensioni geometriche: altezza = 22 cm, diametro interno della base = 20 cm, lunghezza focale = 1,2 cm, spessore delle pareti circa 1 cm. La ceramica 17 posta nel suo fuoco ha una risposta piatta in frequenza che arriva fino a circa 400 kHz. Nelle Figg. 7 e 8 il numero 20 indica la regione interna paraboloidale occupata dall'acqua, i numeri 18 indicano un rivestimento isolante degli elettrodi, i numeri 19 indicano delle viti di regolazione dello spark gap, il numero 16 il blocco d'alluminio che forma il paraboloide della sorgente (trasmettitore 1); inoltre il numero 21 indica l'attacco per realizzare lo snodo meccanico di orientamento del ricevitore 3. Il numero 22 indica la regione interna paraboloidale del ricevitore 3, occupata dall'acqua.

Nei grafici di Fig. 9 sono mostrate le caratteristiche tipiche dell'onda acustica generata dal prototipo di trasduttore "ad implosione di bolla", sia nel dominio del tempo (a), sia nel dominio della frequenza (b). Il segnale è stato rilevato ad un metro di distanza sull'asse del paraboloide 1 immerso nell'acqua della vasca di calibrazione del laboratorio, usando il paraboloide di

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

ricezione 3 sopra descritto. L'energia elettrostatica fornita è in questo caso di 506 Joule, avendo applicato una d.d.p. di 2250 V e fissato il valore di capacità ad un valore di 200 μ F. Si nota chiaramente che quasi tutta l'energia acustica irradiata dal trasduttore 1 è concentrata sul secondo impulso 23 dovuto all'implosione della bolla, mentre il segnale primario (breakdown) 13" è pressochè trascurabile. Inoltre, lo spettro di frequenza mostra intense componenti spettrali fino a circa 50 kHz e un ampio intervallo di frequenze, da 100 kHz a circa 400 kHz, quasi piatto entro qualche dB. Nessun dispositivo di tipo sonar attualmente in commercio è in grado di produrre una banda di frequenza così ampia e anche ricca di intense componenti alle frequenze più basse, necessarie per poter penetrare nel fondo del mare.

Nella Fig. 10 (a) è mostrato un risultato tipico di test, in vasca di laboratorio, dell'intero sistema ecografico messo a punto per una prospezione sopra un bersaglio cilindrico (diametro 14 cm) immerso in acqua, a circa 1,5 m dal fondo della vasca profonda 6 m. Si possono notare secondo l'ordine temporale: il segnale primario 13", il segnale dell'implosione di bolla 23' ricevuto lateralmente ed attenuato attraverso le pareti del paraboloide di ricezione, l'eco 24 del bersaglio ed infine l'eco 25 del fondo della vasca. Questo oscillogramma, facente parte di una serie di 29 misure durante la scansione sopra il bersaglio, è quello corrispondente alla posizione dell'ecografo sulla verticale del



Avv. C. FIAMMENSKI N° 29
Dott. D. D'AMBROSIO - FIAMMENSKI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

bersaglio, tuttavia per ottenere un'immagine acustica dell'oggetto occorre elaborare opportunamente tutti i segnali dell'intera scansione sopra l'oggetto. La Fig. 10(b) mostra l'immagine acustica del bersaglio così ottenuta, dopo opportuna elaborazione del segnale ("beam forming").

A questo scopo gli inventori hanno realizzato per questo ecografo un software di elaborazione del segnale in grado di fornire immagini acustiche ad alta risoluzione sia di anomalie macroscopiche del fondo marino sia di piccoli bersagli negli esperimenti di simulazione che fanno uso di modelli in scala, in vasca di laboratorio. In questi ultimi, la scala dei modelli e il campo di frequenza sono scelti in modo tale da consentire, per similitudine fisica, di estrapolare i risultati ai casi reali. Infatti, sebbene diversi per la scala e la banda di frequenza, tutti questi esperimenti hanno in comune lo stesso tipo di approccio fisico. L'interazione delle onde acustiche con gli oggetti o le strutture d'interesse che determina riflessioni o diffusioni di energia acustica in grado di fornire informazioni rilevabili per mezzo di opportuni sensori. Qualora queste informazioni siano presentate sottoforma di mappa, cioè come distribuzione planare o tridimensionale di un opportuno parametro acustico (per esempio l'intensità acustica), si ottengono le cosiddette immagini acustiche che sono direttamente correlabili con la forma e la struttura degli oggetti in esame. Nella Fig. 11 sono riportati due esempi di immagini acustiche ottenute effettuando una scansione con il

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

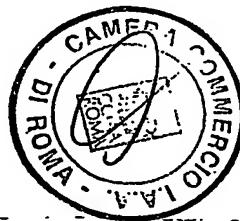
presente ecografo in un bacino marino a bassa profondità. Esse si riferiscono a due prospezioni parallele a distanza di 5 m l'una dall'altra. Sono visibili alcune disomogeneità sotto il fondo del mare 26, in particolare, la struttura a volta 27, che appare in entrambe le scansioni, è sepolta a circa 1,5 m sotto il fondale, e fa parte, presumibilmente, di antichi edifici annessi ad un porto di epoca romana, ora sepolti sotto i sedimenti.

Applicazione industriale

Per concludere si citano le applicazioni più importanti nelle quali il presente ritrovato può essere utilmente impiegato. Il sistema è dotato di versatilità tale da permettere esplorazioni sia a basse (0-50 m) che a medie profondità (50-100 m) nel sottofondo marino, ma anche, opportunamente dimensionato, anche a profondità maggiori.

Esso è stato ideato principalmente per l'esplorazione delle anomalie e disomogeneità presenti nei sedimenti marini e per tutte le applicazioni in cui i sedimenti in qualche modo siano coinvolti, come per esempio quelle mineralogiche riguardanti la ricerca di noduli metallici o di reperti archeologici sepolti nei sedimenti. Ma potrà anche essere impiegato in tutte le indagini di Oceanografia in cui necessitino alte risoluzioni e grandi potenze per la propagazione dei segnali a grande distanza.

Avv. C. PIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - PIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA



RIVENDICAZIONI

1. Tecnica acustica ecografica ad implosione di bolla, per l'esplorazione sottomarina, caratterizzata dal fatto di comprendere le seguenti fasi:

- si realizza un trasmettitore (1) paraboloidale aperto alla base ed immerso in acqua, di spessore sufficiente ad impedire dispersioni di energia attraverso le pareti, e di distanza focale predefinita, ma scelta sufficientemente grande in modo da permettere alla bolla generata dalla scarica elettrica tra due elettrodi (15) disposti simmetricamente rispetto al fuoco (F), di non essere ostacolata dalle pareti del paraboloide del trasmettitore (1) durante la sua espansione; in cui, gli elettrodi (15) sono regolabili nella direzione della retta che li congiunge, in maniera da aumentare o diminuire la loro distanza reciproca (d);
- si mette a disposizione un ricevitore paraboloidale (3), il quale è aperto sulla base ed è immerso nell'acqua, e presenta un sensore di pressione (17) sostanzialmente in corrispondenza del fuoco del ricevitore (3);
- si collega detto trasmettitore (1) ad un'unità elettronica di controllo e alimentazione (2), per l'alimentazione dell'energia elettrostatica agli elettrodi (15) e l'invio di un segnale elettrico di "trigger" a dei mezzi (4) del ricevitore;
- si collega detto ricevitore (3) a mezzi di elaborazione e visualizzazione di dati (4,5,6,7,8) per l'ottenimento, ad esempio, di diagrammi "tipo oscillogramma" dei segnali e/o di immagini

Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

acustiche;

- e infine, dato un determinato valore dell'energia elettrostatica (E) da alimentare agli elettrodi (15), e un determinato grado di salinità dell'acqua, si regola la distanza (d) tra i due elettrodi (15) in maniera da ottenere il massimo tempo di ritardo (t) tra la scarica elettrica di breakdown e un segnale dovuto all'implosione della bolla formatasi durante la scarica stessa; essendo il massimo tempo di ritardo del segnale di implosione di bolla univocamente correlato al massimo valore di efficienza acustica data dal rapporto tra l'energia elettrostatica (E) e l'energia acustica del segnale (23) di implosione di bolla, ed essendo minima o trascurabile in tali condizioni, l'ampiezza del segnale primario (13'') generato direttamente dalla scarica di breakdown.

2. Tecnica secondo la rivendicazione 1, in cui la distanza tra il ricevitore (3) e il trasmettitore (1) e/o l'energia (E) vengono regolate durante la prospezione, in base alla profondità della regione sotto il fondale marino che si intende esplorare.
3. Tecnica secondo la rivendicazione 1, in cui si utilizzano elettrodi di tungsteno.
4. Tecnica secondo la rivendicazione 1, in cui si utilizza un sensore di pressione (17) costituito da una ceramica piezoelettrica a risposta piatta in frequenza, ad esempio sino a valori di circa 400 kHz.
5. Tecnica secondo la rivendicazione 1, in cui l'orientamento del ricevitore (3), può essere modificato per una migliore ricezione



Avv. C. FIAMMENGHI N° 29
Dott. D. DOMENIGHETTI - FIAMMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

dell'eco prodotta dalla riflessione del segnale di implosione di bolla sul fondale, sui sedimenti, su un reperto archeologico e/o su un oggetto immerso nell'acqua ad una determinata distanza dal fondale marino.

6. Tecnica secondo la rivendicazione 1, in cui sono previste diverse scansioni lungo rette parallele per l'ottenimento di una immagine acustica, e/o diverse misure effettuate lungo una retta orizzontale che comprende una posizione disposta sulla verticale rispetto ad un presumibile oggetto o ad un reperto archeologico che si intende rivelare e analizzare o visualizzare.

7. Tecnica secondo la rivendicazione 6, in cui le immagini acustiche ottenute sotto forma di mappa, ossia distribuzione planare o tridimensionale di un parametro acustico, ad esempio l'intensità acustica, vengono ottenute mediante un software di elaborazione del segnale in grado di fornire immagini acustiche ad alta risoluzione, che è stato sviluppato su modelli in scala, in vasca di laboratorio, essendo la scala dei modelli e il campo di frequenza scelti in modo da consentire, per similitudine fisica, di estrapolare i risultati ai casi reali.

8. Apparecchiatura per l'attuazione della tecnica acustica ecografica ad implosione di bolla, secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, comprendente:

- un trasmettitore paraboloidale (1) associato ad una unità di controllo (2), per l'alimentazione di energia elettrostatica (E) verso due elettrodi contrapposti (15), disposti sostanzialmente

simmetricamente rispetto al fuoco (F) e ad una distanza reciproca (d), regolabile mediante mezzi di regolazione (19);

- un ricevitore paraboloidale (3), collegato a mezzi di elaborazione e visualizzazione di dati (4,5,6,7,8), attivati da apposito segnale di "trigger", e comprendente un sensore di pressione (17) sostanzialmente disposto nel fuoco del ricevitore (3);

in cui, la distanza reciproca (d) tra gli elettrodi (15), è regolata secondo la tecnica delle rivendicazioni da 1 sino a 7; lo spessore delle pareti del trasmettitore (1) è tale da rendere sostanzialmente trascurabile il segnale di implosione di bolla trasmesso direttamente verso il ricevitore (3), e la distanza focale del trasmettitore (1) è tale da non ostacolare la formazione della bolla sino alla sua massima espansione (R).

9. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui detti elettrodi (15) sono formati da tungsteno.

10. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui detti mezzi di regolazione (19) sono delle viti micrometriche.

11. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui detto sensore (17) è una ceramica piezoelettrica a risposta piatta, ad esempio sino a circa 400 kHz.

12. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui i mezzi di elaborazione e visualizzazione dati, attivati da apposito segnale elettrico di "trigger", proveniente dall'unità (2), comprendono un filtro ADC (4), una scheda di microprocessore DSP (5), un personal computer dedicato (6), un monitor (7) di visualizzazione

Avv. S. FRANCESCO FRAMENGHI N° 29
Dott. D. D'ANGELO - FRAMENGHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

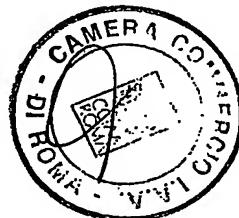
delle immagini acustiche, una memoria (8), ed eventualmente anche mezzi di visualizzazione del segnale analogico che costituisce l'eco, nella forma di oscillogramma.

13. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui il trasmettitore paraboloidale (1) costituisce un blocco di materiale idoneo, ad esempio alluminio, ed è ricavato mediante tornitura da tale blocco eventualmente di forma cilindrica.

14. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, in cui il ricevitore (3) presenta un sistema meccanico a snodo, che consente di effettuare un suo orientamento.

15. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8, dotata di un binario di guida orizzontale, per la regolazione della reciproca distanza tra i trasduttori elettroacustici (1;3).

Avv. G. FIAMMENZHI N° 29
Dott. D. DOMENICHETTI - FIAMMENZHI N° 27
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA



RM 2002 A 000581

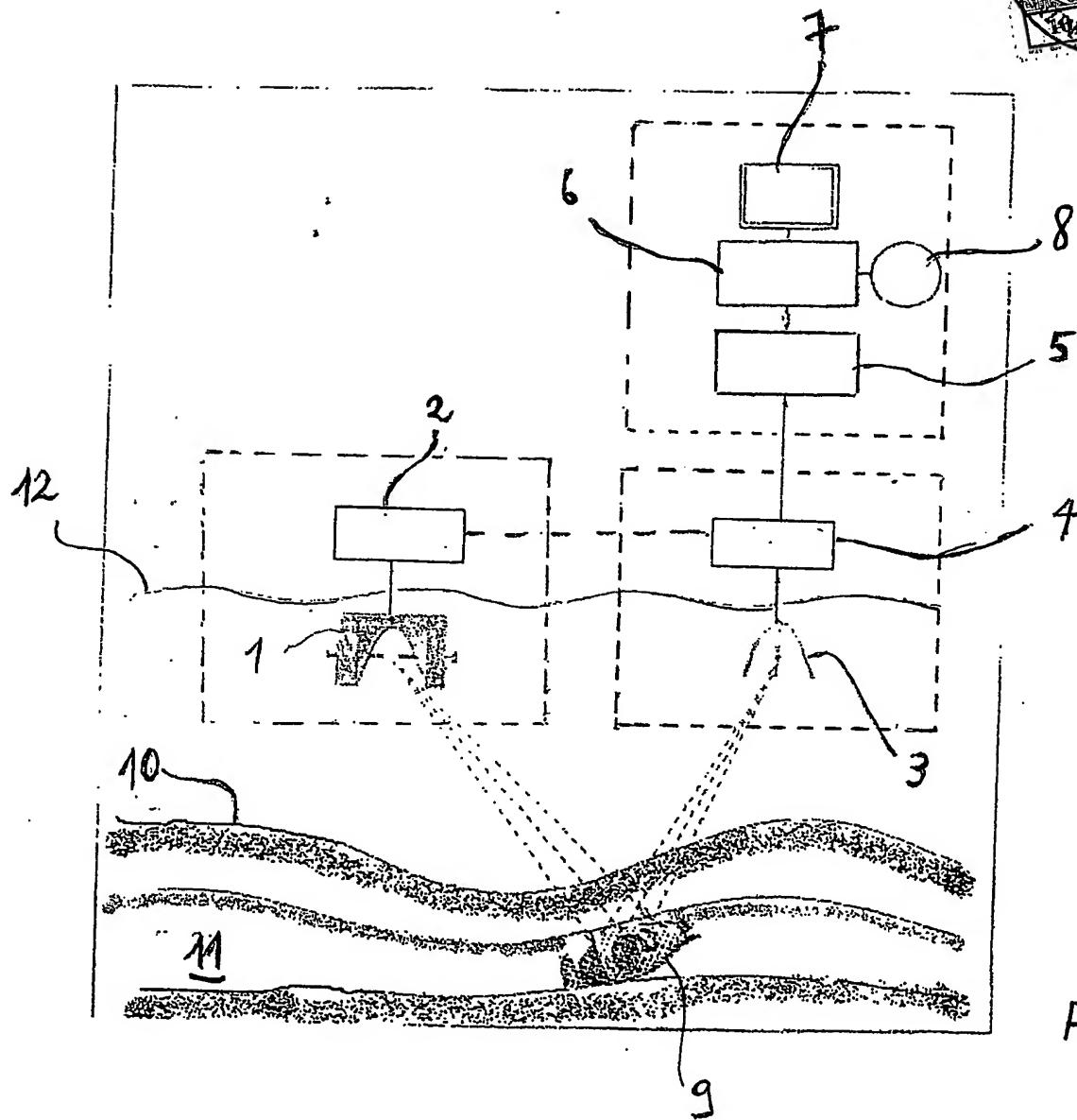
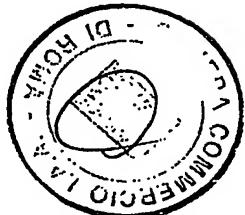


Fig. 1



Avv. C. PIAMMENGA N° 29^a TO
Dott. D. DOMENIGHETTI - PIAMMENGA N° 29
via Quattro Fontane, 31 - ROMA

RM 2002 A 000581

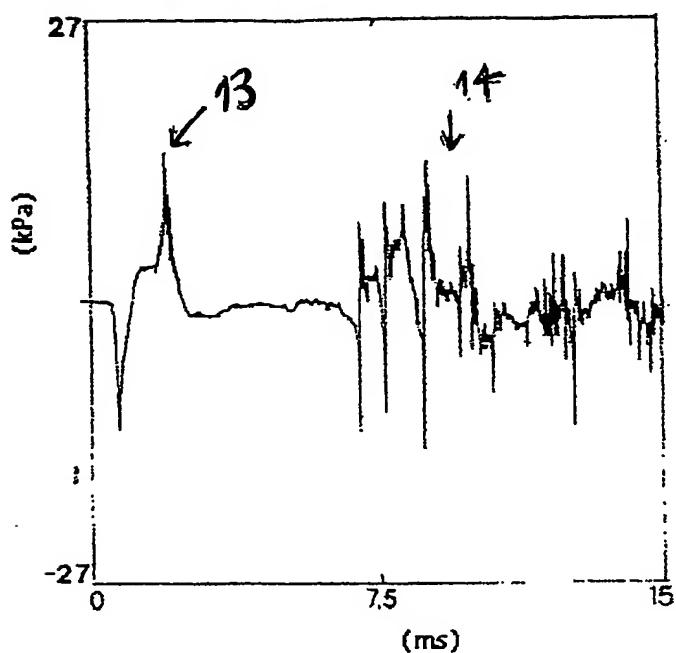


Fig. 2

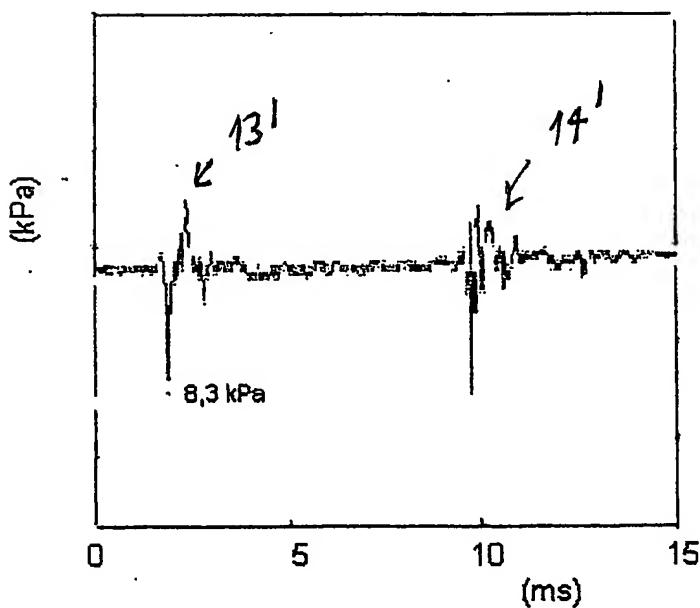


Fig. 3

Avv. G. FIAMMENGHI N° 29
Cott. D. DOMENEGHETTI - FIAMMENGHI N° 29
via Quattro Fontane, 31 - ROMA



RM 2002 A 0005 80

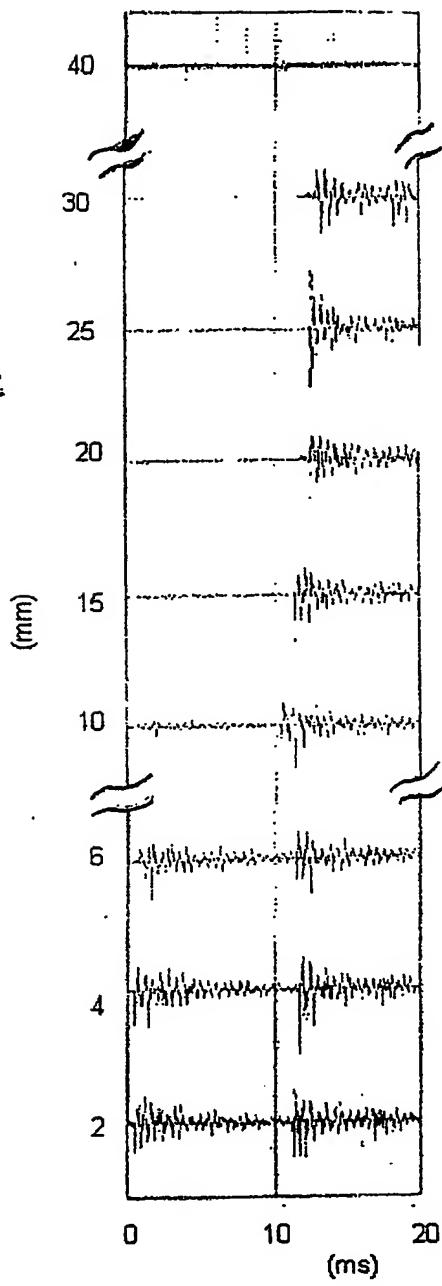
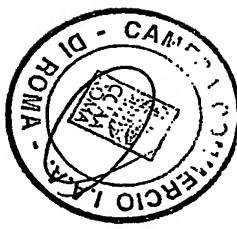


Fig. 4



Avv. G. FIAMMENCHI N° 27^o
Avv. D. PAGNERONI FIAMMENCHI N° 27^o
via Quattro Fontane, 31 - ROMA

Fig. 5

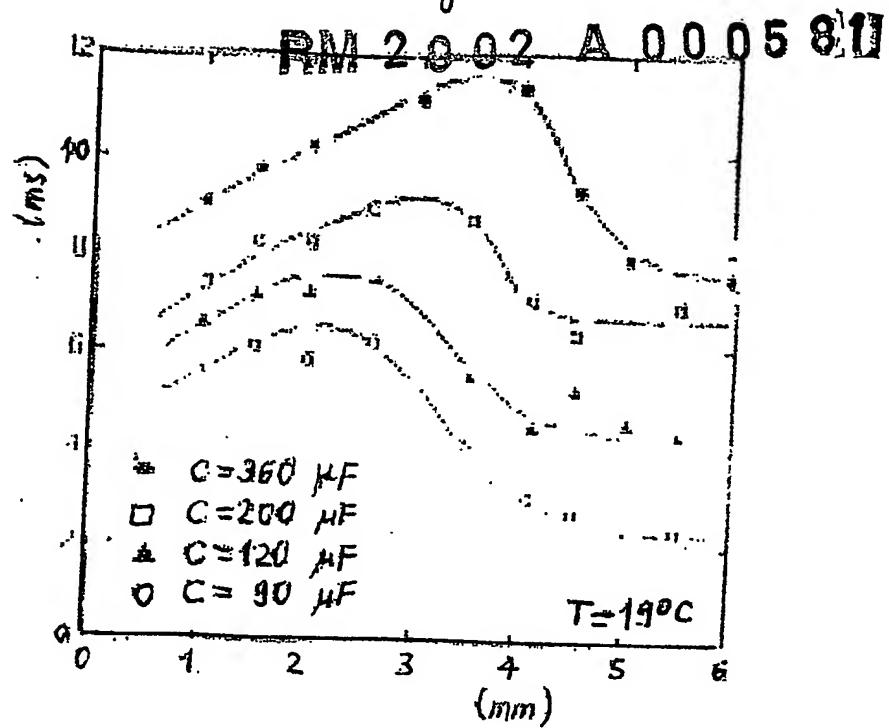
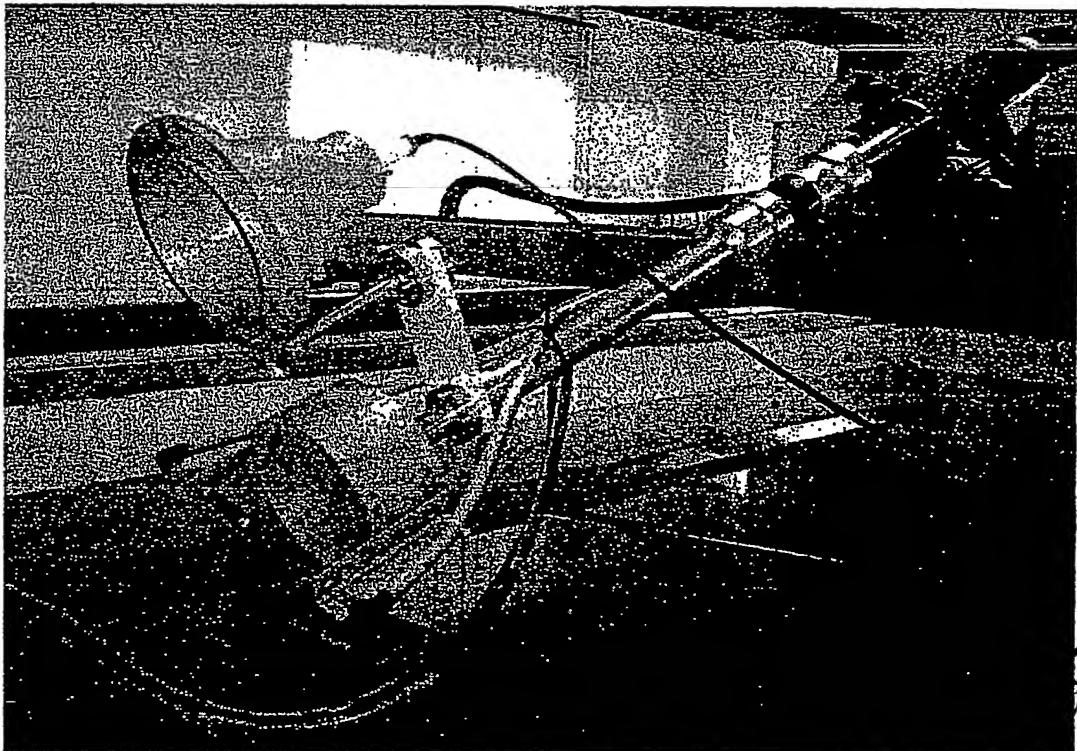


Fig. 6



Avv. G. FIAMMENGHI N° 29
Avv. D. BONATTI Ghetti - FIAMMENGHI N° 29
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

RM 2002 A 000581

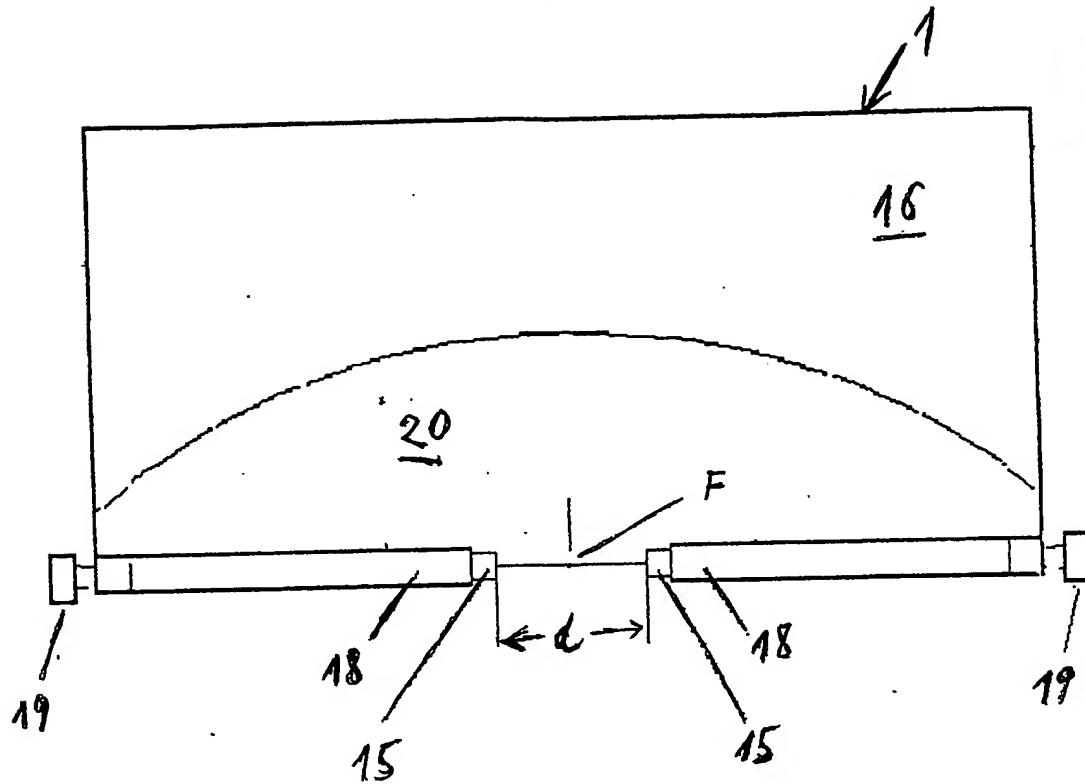


Fig. 7

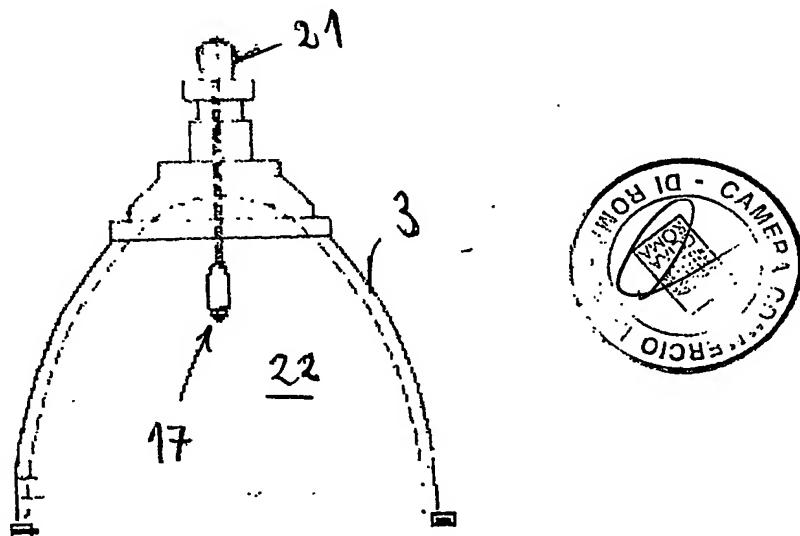


Fig. 8

Avv. G. PIAMMENGO 29
Avv. D. BONETTO VETTI - PIAMMENGO N° 27
via Quattro Fontane, 21 - ROMA

RM 2002 A 000581

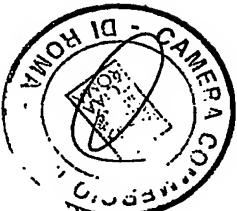
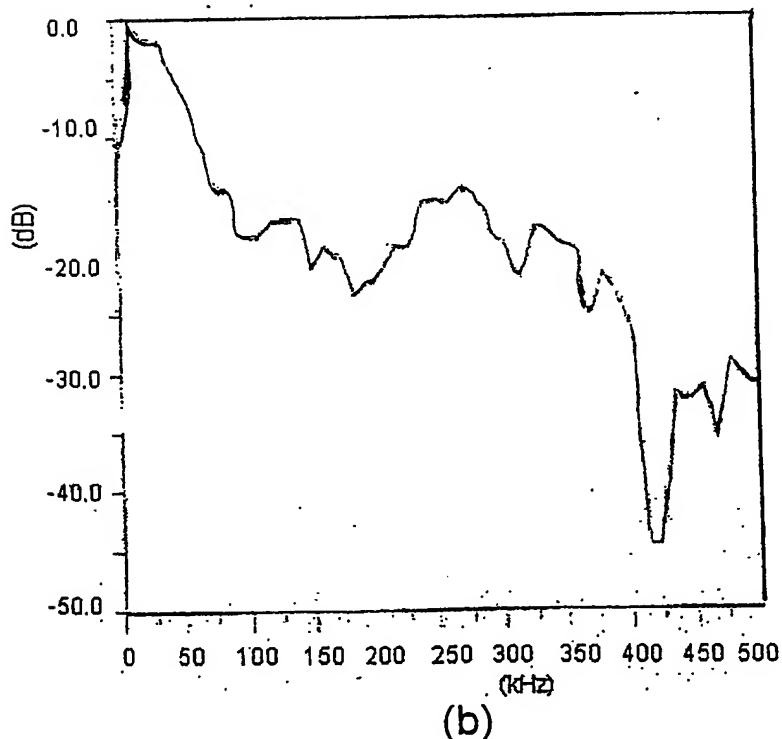
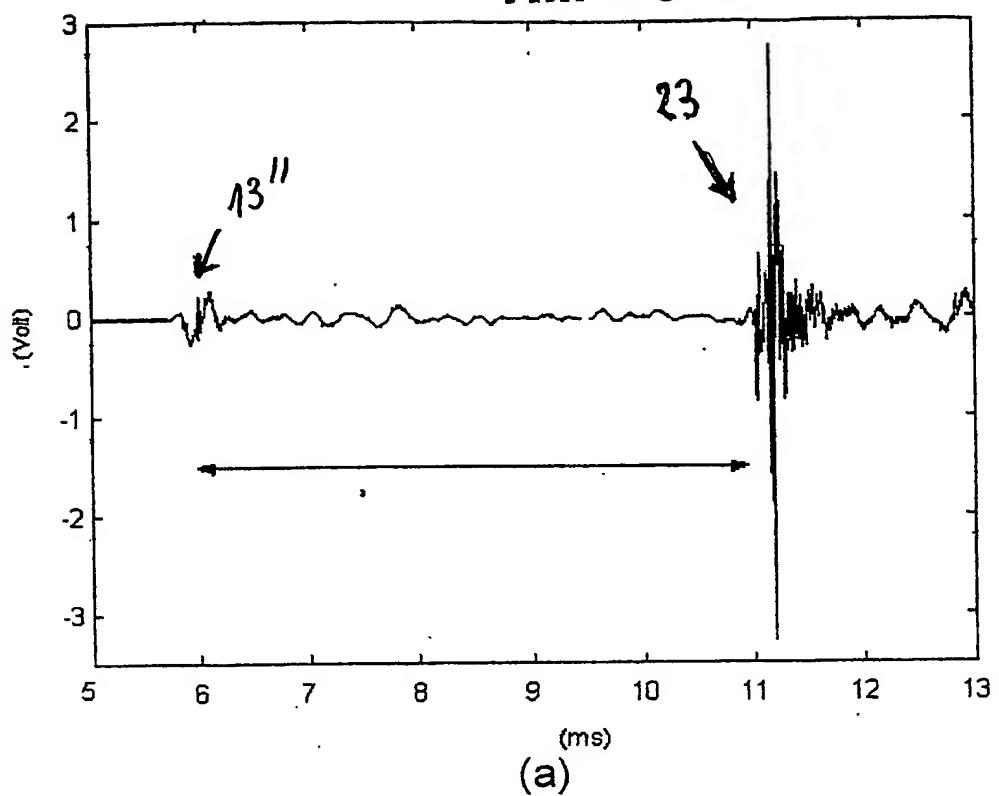
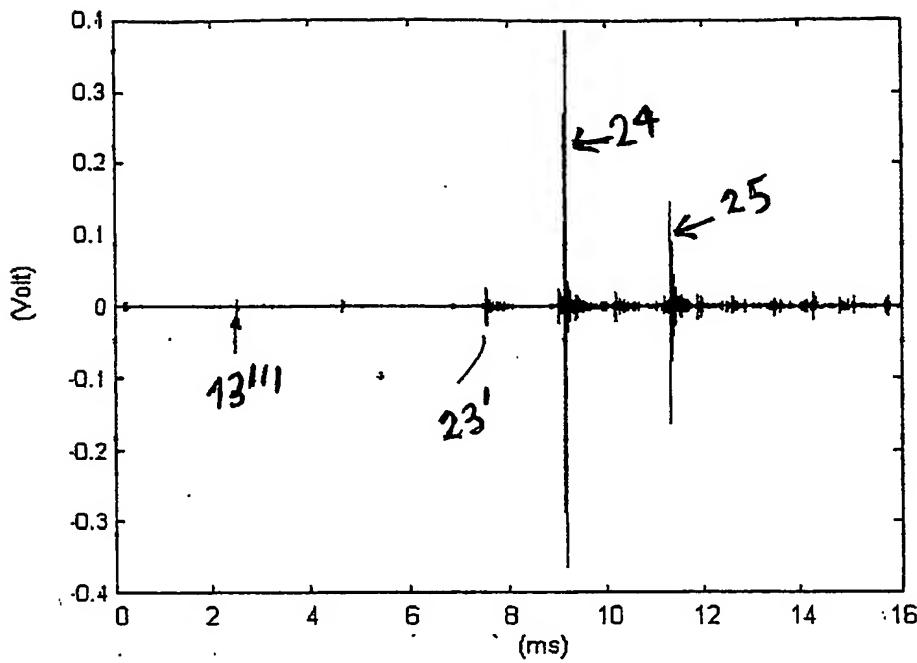


Fig. 9.

Avv. G. PIAMMENGO 29/3
Dott. D. DOMINGHETTI - PIAMMENGO N° 21
Via Quattro Fontane, 31 - ROMA

RM 2002 A 000581



(a)

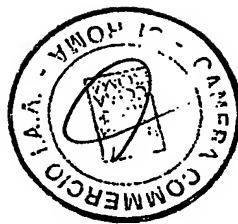
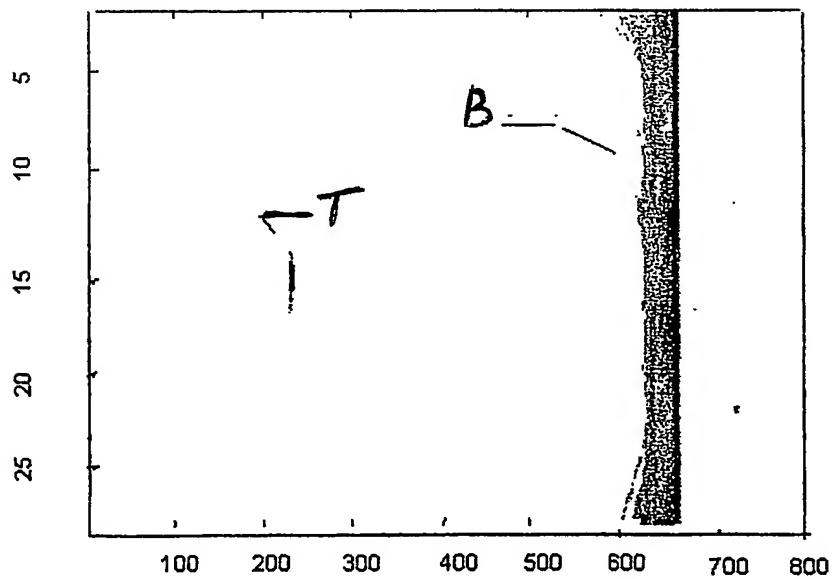
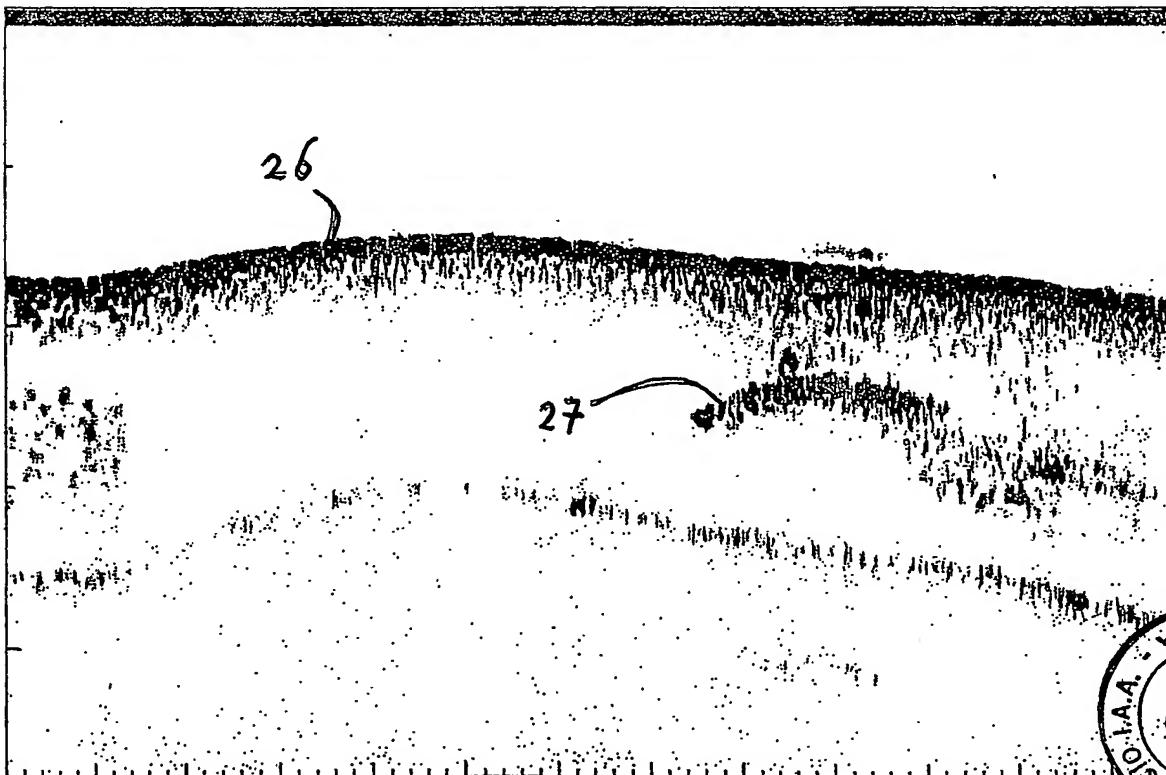
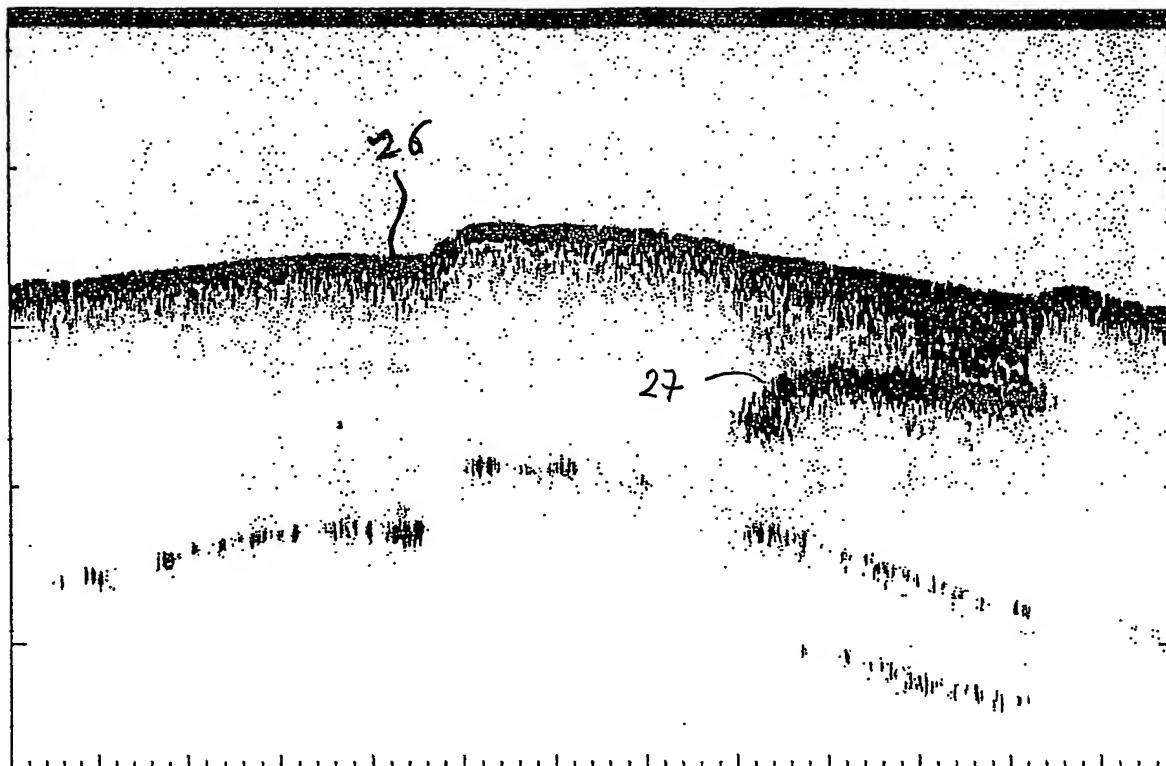


Fig. 10

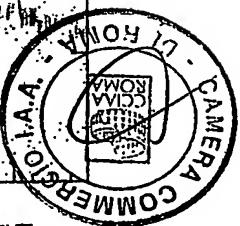
(b)

Avv. G. MAMMENGO N° 29th
Dott. D. BONETTICELLI - MAMMENGO N° 27
Via G. Gallo 31 - BOMA

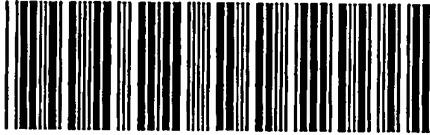
Fig. 2002 A 000581



Avv. G. PIAMMENGO - 29
Dott. D. BONETTORETTI - PIAMMENGO, N. 29
Via Quattro Fontane, 81 - ROMA



PCT Application
IT0300751



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.